

JAN 12 2003

2PF
PAL

16-12

From the
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINING AUTHORITY

FISH & RICHARDSON, P.C.
NEW YORK CITY OFFICE

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF
THE INTERNATIONAL PRELIMINARY
EXAMINATION REPORT

(PCT Rule 71.1)

To:

FERRARA, Richard P.
FISH & RICHARDSON, P.C.
45 Rockefeller Plaza
Suite 2800
New York, NY 10111
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Date of mailing
(day/month/year)

27.12.2002

Applicant's or agent's file reference

NFCS-011PCT

13837/037401

IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.

PCT/US01/22762

International filing date (day/month/year)

17/07/2001

Priority date (day/month/year)

17/07/2000

Locketite Required *

Applicant

FINISAR CORPORATION

Reviewed By Practice Standards

Initials: [Signature]

Reviewed By Billing Secretary

Initials: [Signature]

1. The applicant is hereby notified that this International Preliminary Examining Authority transmits herewith the international preliminary examination report and its annexes, if any, established on the international application.
2. A copy of the report and its annexes, if any, is being transmitted to the International Bureau for communication to all the elected Offices.
3. Where required by any of the elected Offices, the International Bureau will prepare an English translation of the report (but not of any annexes) and will transmit such translation to those Offices.
4. **REMINDER**

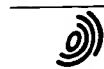
The applicant must enter the national phase before each elected Office by performing certain acts (filing translations and paying national fees) within 30 months from the priority date (or later in some Offices) (Article 39(1)) (see also the reminder sent by the International Bureau with Form PCT/IB/301).

Where a translation of the international application must be furnished to an elected Office, that translation must contain a translation of any annexes to the international preliminary examination report. It is the applicant's responsibility to prepare and furnish such translation directly to each elected Office concerned.

For further details on the applicable time limits and requirements of the elected Offices, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

For the purpose of deciding whether the claimed invention is patentable or not, the elected Offices may apply criteria additional to or different from the criteria on which the international preliminary examination report is based (see Articles 27(5), 33(5)). Additional criteria may include e.g. exemptions from patentability and the requirements of enabling disclosure and of clarity and support of claims.

Name and mailing address of the IPEA/



European Patent Office
D-80298 Munich
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Authorized officer

De Caemel, J-M

Tel. +49 89 2399-2251




PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference NFCS-011PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/US01/22762	International filing date (day/month/year) 17/07/2001	Priority date (day/month/year) 17/07/2000
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G02B6/00		
Applicant FINISAR CORPORATION		
<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of 9 sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e. sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of 6 sheets.</p>		
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application 		
Date of submission of the demand 15/02/2002	Date of completion of this report 27.12.2002	
Name and mailing address of the international preliminary examining authority:  European Patent Office D-80298 Munich Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Authorized officer Frisch, A Telephone No. +49 89 2399 7048	



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No. PCT/US01/22762

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rules 70.16 and 70.17)*):
- Description, pages:**

2-5,7 as originally filed

1,6 as received on 04/03/2002 with letter of 22/02/2002

Claims, No.:

1-4,6-11,13-35 as received on 04/03/2002 with letter of 22/02/2002

Drawings, sheets:

1/5-5/5 as originally filed

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language: , which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of the international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. The amendments have resulted in the cancellation of:

**INTERNATIONAL PRELIMINARY
EXAMINATION REPORT**

International application No. PCT/US01/22762

- ☐ the description, pages:
☐ the claims, Nos.:
☐ the drawings, sheets:

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed (Rule 70.2(c)):

(Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.)

6. Additional observations, if necessary:

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes:	Claims	4,6,11,13,18,19,21-29
	No:	Claims	1,2,3,7,8,9,10,14,15,16,17,20,30-35
Inventive step (IS)	Yes:	Claims	
	No:	Claims	4,6,11,13,18,19,21-29
Industrial applicability (IA)	Yes:	Claims	1-4,6-11,13-35
	No:	Claims	

- 2. Citations and explanations**
see separate sheet

Re Item V

Reference is made to the following documents:

- D1: EP-A-0 725 289 (SEIKO GIKEN KK) 7. August 1996
- D2: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 06, 22. September 2000 & JP 2000 066053 A (FUJIKURA LTD), 3. March 2000
- D3: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 06, 22. September 2000 & JP 2000 066054 A (FUJIKURA LTD), 3. March 2000
- D4: EP-A-0 540 386 (THOMSON CSF) 5. May 1993
- D5: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 14, 22. Decembre 2000 JP11258453 FUJITSU LTD), 24. September 1999

The document D5 was not cited in the international search report. A copy of the document is appended hereto.

- 1.1 Document D1 discloses a method for improving the extinction ratio of a grouping of polarisation maintaining fibres comprising (see figures 2 and 5, and col. 7, line 14 - col. 8, line 38, and col. 11, line 32 - 39): providing a plurality of polarisation maintaining fibres (15, 16, 17, 18), said polarisation maintaining fibres each having corresponding principal axes (i.e. the axes X1-X1, X2 - X2, Y1- Y1, and Y2-Y2, and X -X, and Y -Y shown in figures 2 and 5); disposing said plurality of polarisation maintaining fibres together as a grouping, said grouping having corresponding secondary axes; and aligning each said plurality of polarisation maintaining fibres such that said corresponding principal axes of each said plurality of said polarisation maintaining fibre and said secondary axes of said grouping intersect at a predetermined angle (as can be seen in the figures, see also col. 8, line 5 - 9) while maintaining distinct optical transmission paths in each of said fibres in said grouping.

Thus all features of the method of claim 1 are known in combination from the method described in document D1 and the subject-matter of claim 1 is thus not new in the sense of Article 33(2) PCT.

In this context it should be noted that the method of claim 1 is also anticipated by the methods described in document D2 and D3:

Documents D2 and D3 disclose a method for improving the extinction ratio of a

grouping of polarisation maintaining fibres comprising: providing a plurality of polarisation maintaining fibres (D2: 11; D3: 5), said polarisation maintaining fibres each having corresponding principal axes (D2: 18; D3: 4; and the axes orthogonal thereto); disposing said plurality of polarisation maintaining fibres together as a grouping, said grouping having corresponding secondary axes; and aligning each said plurality of polarisation maintaining fibres such that said corresponding principal axes of each said plurality of said polarisation maintaining fibre and said secondary axes of said grouping intersect at a predetermined angle (as can be seen in the figures, see also the abstract) while maintaining distinct optical transmission paths in each of said fibres in said grouping.

- 1.2 Figures 2 and 5 of document D1 also show an apparatus which improves the extinction ratio of a grouping of polarisation maintaining fibres comprising (see figures 2 and 5, and col. 7, line 14 - col. 8, line 38): a plurality of polarisation maintaining fibres/fibre means (15, 16, 17, 18), said polarisation maintaining fibres each having corresponding principal axes (i.e. the axes X1 - X1, X2 - X2, Y1 - Y1, and Y2 - Y2 shown in figures 2 and 5); said plurality of polarisation maintaining fibres/fibre means being disposed together as a grouping, said grouping having corresponding secondary axes; and whereby each said plurality of polarisation maintaining fibres/fibre means is aligned such that said corresponding principal axes of each said plurality of said polarisation maintaining fibre/fibre means and said secondary axes of said grouping intersect at a predetermined angle (as can be seen in the figures, see also col. 8, line 5 - 9) while maintaining distinct optical transmission paths in each of said fibres in said grouping.

Thus all features of the apparatuses of claims 8 and 15 are known in combination from the apparatus described in document D1 and the subject-matter of claims 7 and 13 is thus not new in the sense of Article 33(2) PCT.

The apparatuses of claims 8 and 15 are also anticipated by the apparatuses shown in documents D2 and D3:

The apparatuses shown in D2 and D3 comprise a plurality of polarisation maintaining fibres/fibre means (D2 11; D3: 4), said polarisation maintaining fibres each having corresponding principal axes (i.e. the axes 18 and 4 the axes orthogonal thereto); said plurality of polarisation maintaining fibres/fibre means being

disposed together as a grouping, said grouping having corresponding secondary axes ; and whereby each said plurality of polarisation maintaining fibres/fibre means is aligned such that said corresponding principal axes of each said plurality of said polarisation maintaining fibre/fibre means and said secondary axes of said grouping intersect at a predetermined angle (as can be seen in the figures, see also the abstracts) while maintaining distinct optical transmission paths in each of said fibres in said grouping.

- 1.3 Dependent claims 2 - 4, 6,7, 9 - 11, 13, 14, 16 -20, and 30 - 35 do not contain any features which, in combination with the features of any claim to which they refer, meet the requirements of the PCT in respect of novelty or inventive step. The reasons for these objections are:

Claims 2 - 4, 6,7, 9 - 11, 13, 14, 16 -20

The fibres shown in figures 2 and 5 of document D1 are already fibres with a stress applying part (i.e. fibres with a core and two parallel hollow stress applying cladding parts, as can be seen in the figures 2 and 5) and the principal fibre axes intersect with the axes of the grouping at angles of approximately 0° or 90°. Other generally known polarisation maintaining fibres which use stress applying parts (in order to induce a birefringence in the core of the fibre) are the so called PANDA and the BOWTIE fibres (see e.g figures 1c and 1d of document D4). It is furthermore immediately obvious that the method and the apparatus described with respect to figures 2 and 5 of document D1 which show a special kind of polarisation maintaining fibres have the same effect (i.e. improving the extinction ratio in an optical device using the method/the apparatus of claims 1,8, or 15) if another polarisation maintaining fibre with stress applying parts is used.

The subject-matter of claims 2, 3, 7, 9, 10, 14, 16, 17, and 20 is thus not new in the sense of Article 33(2) PCT and the subject-matter of claims 4, 6, 11, 13, 18, and 19 does not involve an inventive step in the sense of Article 33(3) PCT.

Claims 30 - 35

The fibres of the method and the apparatus described with respect to figures 2 and 5 of document D1 are already affixed with epoxy (see col. 8, line 10 - 22) and the alignment of the fibres is not disturbed after curing the adhesive (as can be

concluded from col.8, line 23 - 38 of D1). Consequently the light travelling through the fibres maintains its polarisation direction also throughout the curing process of the epoxy.

The subject-matter of claims 30 - 35 is thus not new in the sense of Article 33(2) PCT.

- 2.1 Figure of document D5 shows a polarisation beam splitter/combiner comprising: a body (120a-1) and a pigtail pair (211, 221) optically coupled to said body; the pigtail pair comprises a plurality of polarisation maintaining fibres (211, 221) with corresponding principal axes disposed together as a group with corresponding secondary axes (as can be seen in figure 1); each of the fibres is aligned such that said corresponding principal axis intersect the secondary axes of the group at a predetermined angle while maintaining distinct optical transmission paths in each of the fibres of the group.

The polarisation beam splitter described in D5 differs from the polarisation beam splitter/combiner of claim 21 in that the body is not coupled to a single mode fibre.

Mixing and splitting optical signals with different polarisation states is, however, generally known in the field of optical data transmission. Also generally known in this field is the use of polarisation beam splitter coupled to conventional single mode and polarisation maintaining optical fibres in order to mix and split the optical signals (see e.g. figures 2, 3, and 4 of D5). Furthermore it is immediately obvious for the skilled person that the polarisation beam splitter shown in figure 1 of document D5 is suitable for coupling to a single mode fibre if such a coupling is desired.

The subject-matter of claim 21 therefore does not involve an inventive step in the sense of Article 33(3) PCT.

- 2.2 Dependent claims 22 - 29 do not contain any features which, in combination with the features of any claim to which they refer, meet the requirements of the PCT in respect of inventive step. The reasons for these objections are:

Claims 22, 23, and 24

The fibres of the pigtail pair of the polarisation beam splitter shown in figure 1 of document D5 are already disposed within a ferrule (111-A1) and fixed therein (see

**INTERNATIONAL PRELIMINARY
EXAMINATION REPORT - SEPARATE SHEET**

International application No. PCT/US01/22762

abstract). Fixing fibres into ferrules with a curable epoxy which is hardened (cured) after alignment of the fibres into the ferrule, on the other hand, is a conventionally used method (see e.g. D1: col. 8, line 10 - 22) and obvious to apply for the skilled person. Consequently, the light travelling through the fibres maintains its polarisation direction also throughout the curing process of the epoxy. The subject-matter of claims 22, 23, and 24 therefore does not involve an inventive step in the sense of Article 33(3) PCT.

Claims 25 and 26

The fibres of the polarisation beam splitter shown in figure 1 of document D5 intersect the axes of the fibre group already at angles of approximately 0° or 90°. The subject-matter of claims 23 and 24 thus does not involve an inventive step in the sense of Article 33(3) PCT.

Claims 27, 28, and 29

The fibres shown in figure 1 of document D5 are already fibres with a stress applying part (i.e. fibres with a core and two parallel hollow stress applying cladding parts, as can be seen in the figures 2 and 5). Other generally known polarisation maintaining fibres which use stress applying parts (in order to induce a birefringence in the core of the fibre) are the so called PANDA and the BOWTIE fibres (see e.g. figures 1c and 1d of document D4). It is furthermore immediately obvious that polarisation beam splitter described with respect to figure 1 of document D5 which shows a special kind of polarisation maintaining fibre works in the same manner and with the same effects if another polarisation maintaining fibre with birefringent stress applying parts is used.

The subject-matter of claims 27, 28, and 29 thus does not involve an inventive step in the sense of Article 33(3) PCT.

- 3.1 For the sake of completeness it should be noted that the application also does not fulfil the requirements of Article 6 PCT. The reasons for this objection are:
- 3.2 Three independent claims (claims 8, 15, and 21) with similar and overlapping scope render the nature of the invention unclear.
- 3.3 It is not clear from the term "grouping with corresponding secondary axes" in

**INTERNATIONAL PRELIMINARY
EXAMINATION REPORT - SEPARATE SHEET**

International application No. PCT/US01/22762

claims 1, 8, 15, and 21 what is meant. It is, however, understood from the description that two orthogonal symmetry axes of the "grouping", i.e. the fibre ensemble, are meant.

A similar objection holds also for the term "principal axes" of the fibres.

- 3.4 It is furthermore understood from the description that the angles at which the fibre symmetry axes and the symmetry axes of the fibre ensemble intersect are either 0° or 90° in order to improve the extinction ratio of the fibre ensemble (see e.g. page 3, line 20 - 21, page 5, line 29 - page 6, line 21, page 7, line 22 - 30, and figure 5). It thus appears that the intersecting angle (i.e. either 0° or 90°) is a feature essential to the definition of the invention as described.

Since independent claims 1, 8, 15, and 21 do not contain this feature they do not meet the requirement following from Article 6 PCT taken in combination with Rule 6.3(b) PCT that any independent claim must contain all the technical features essential to the definition of the invention.

- 3.5 It is not clear which features of the apparatus and the polarisation beam splitter are to be defined by the methods defined in claims 23, 24, 32, 33, and 35. It is, however, understood from the description that the fibres are fixed by a curable epoxy and maintain in an aligned position.

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11258453
PUBLICATION DATE : 24-09-99

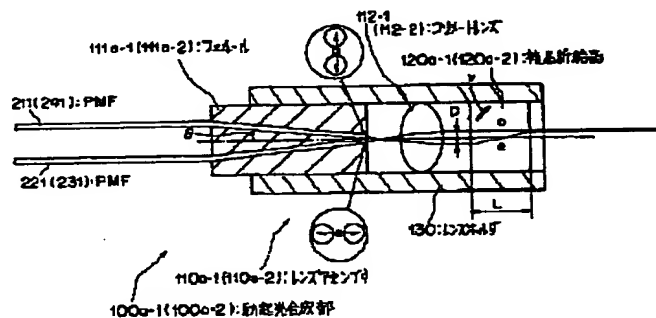
APPLICATION DATE : 12-03-98
APPLICATION NUMBER : 10061772

APPLICANT : FUJITSU LTD;

INVENTOR : NAGANUMA NORIHISA;

INT.CL. : G02B 6/28 G02B 5/30 G02B 27/28

TITLE : POLARIZED LIGHT SYNTHESIZER,
POLARIZED LIGHT SEPARATING
DEVICE AND EXCITED LIGHT OUTPUT
DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To remarkably reduce mounting dimensions while keeping the conventional function as an optical circuit device, the required light resistance, reliability and manufacturing easiness in a polarized light synthesizer.

SOLUTION: This polarized light synthesizer includes a lens assembly 110a-1 having a fixing member 111a-1 for fixedly disposing the ends of plural optical fibers 211, 221 capable of propagating different polarized component light and a lens 112-1 for converting polarized component light of plural kinds emitted from the respective optical fibers 211, 221 to a collimate beam, wherein the synthesizer further includes a double refraction member 120a-1 for polarizing and synthesizing polarized component light of plural kinds as the same optical axis by using a difference in refractive index characteristic between polarized component light of plural kinds emitted from the lens 112-1.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-258453

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/28
5/30
27/28

識別記号

F I

G 0 2 B 6/28
5/30
27/28

E

Z

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願平10-61772

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月12日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 長沼 典久

北海道札幌市中央区北一条西2丁目1番地
富士通北海道デジタル・テクノロジ株
式会社内

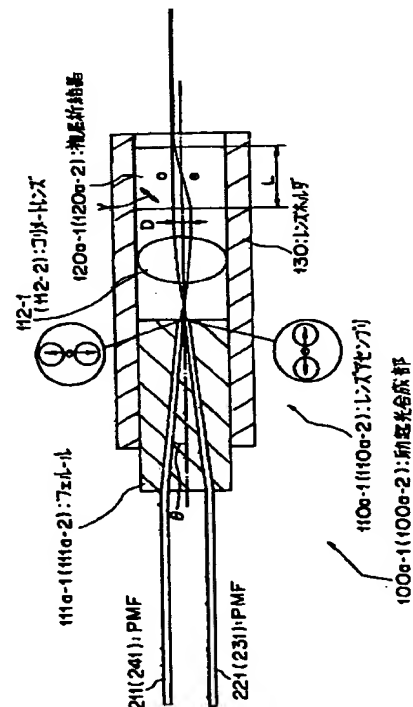
(74) 代理人 弁理士 真田 有

(54) 【発明の名称】 偏光合成装置および偏光分離装置ならびに励起光出力装置

(57) 【要約】

【課題】 偏光合成装置において、従来よりの光回路デバイスとしての機能や、要求される耐光性、信頼性および製造容易性を持ちながら実装寸法の大幅な縮小化を図ることができるようにする。

【解決手段】 互いに異なる偏光成分光を伝播しうる複数本の光ファイバ211、221の端部を固着配置する固着部材111a-1と、各光ファイバ211、221から出射された複数種類の偏光成分光についてコリメートビームに変換するレンズ112-1とをそなえてなるレンズアセンブリ110a-1をそなえとともに、レンズ112-1から出射された複数種類の偏光成分光間の屈折率特性の差異を用いることにより、複数種類の偏光成分光を同一光軸として偏光合成する複屈折部材120a-1をそなえて構成する。



上記複数種類の偏光成分光間の屈折率特性の差異を用いることにより、上記複数種類の偏光成分光を同一光軸として偏光合成して出射しうる第1複屈折部材とをそなえて構成される一方、

該第2偏光合成部が、

上記第2の波長帯を有するとともに互いに異なる偏光成分光を伝播しうる複数本の第2励起光用光ファイバの端部を固着配置する第2固着部材と、各第2励起光用光ファイバから出射された複数種類の偏光成分光についてコリメートビームに変換する第2レンズとをそなえてなる第2レンズアセンブリと、該第2レンズから出射された上記複数種類の偏光成分光間の屈折率特性の差異を用いることにより、上記複数種類の偏光成分光を同一光軸として偏光合成して出射しうる第2複屈折部材とをそなえて構成されたことを特徴とする、励起光出力装置。

【請求項14】 該合波部にて合波された光を、上記出力光ファイバを介して接続された遠隔光増幅器に対する前方励起用または後方励起用の励起光として用いるように構成されたことを特徴とする、請求項13記載の励起光出力装置。

【請求項15】 該合波部にて合波された光と、該合波部にて合波された上記光の波長成分と異なる波長を有しながらデータ情報を含んだ信号光との間で、波長多重または波長分離処理を施す波長多重分離部をそなえて構成されたことを特徴とする、請求項13記載の励起光出力装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】(目次)

発明の属する技術分野

従来の技術(図11~図12)

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

発明の実施の形態

(A) 第1実施形態の説明

(a) 光伝送装置の説明(図2)

(b) 励起光出力装置の説明(図1, 3, 4, 5, 6)

(B) 第1実施形態の第1変形例の説明(図7)

(C) 第1実施形態の第2変形例の説明(図8)

(D) 第1実施形態の第3変形例の説明(図9)

(E) 第2実施形態の説明(図10)

(F) その他

発明の効果

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システムにおける信号光増幅用の光増幅器に用いて好適な、偏光合成装置および偏光分離装置ならびに励起光出力装置に関する。

【0003】

【従来の技術】近年、光通信システムの発達に伴って、光信号を電気信号に変換することなく光信号のまま

増幅できる光増幅器が開発されており、中でもエルビウム(Er)等の希土類元素をドープした光ファイバ(EDF(Erbium-Doped Fiber:エルビウム・ドープファイバ))を用いた光ファイバ増幅器は、高利得、低雑音等の特性を有しており、光通信システムにおいて重要な役割を果たしている。

【0004】また、一本の光ファイバで複数チャネルの信号光を同時に伝送・通信する方式として、WDM(Wavelength Division Multiplexing:波長多重)光通信方式や、TDM(Time Division Multiplexing:時分割多重)光通信方式等が用いられている。さて、WDM光通信方式に使用される光ファイバ増幅器(以下、光増幅器と称する)は、4波、8波、16波、32波、64波といった複数チャネルの入力信号波(信号光)を高出力な出力光として増幅するものであるが、増幅する信号光が増えるに従って増幅に必要な励起パワーも高くなるため高出力の励起光源が必要とされてくる。

【0005】このような励起光源の高出力化を図るためには、励起レーザーの高出力化、双方向励起、励起光の偏光合成、励起光の波長合成等の手法を用いることが考えられる。しかし、特に励起光の偏光合成や波長合成といった手法を実現するためにはそれに応じた光回路デバイスがそれぞれ必要となり、これらの機能別にそれぞれのデバイスを構成すると、装置の大型化や光回路デバイスの挿入による損失の増大といった問題が発生する。従って、励起光についての偏光合成の機能と波長合成の機能とを一体化させて光回路デバイス(励起光出力装置)を構成し、装置の大型化や挿入損失の増大を抑制させることが望ましい。

【0006】ここで、図11は従来の励起光出力装置の構成を模式的に示す平面図であるが、この図11に示す励起光出力装置は、4種類の光について偏光合成および波長合成を行なったものを励起光として、EDFにて増幅される信号光と合波させるものであり、この励起光出力装置により、上述のごとき励起光の偏光合成の機能や波長合成の機能とともに、増幅すべき信号光を励起光に合成して出力させる機能をも一体化して実現しているのである。

【0007】また、この図11に示す従来の励起光出力装置は、第1偏光合成部51、第2偏光合成部52、波長多重膜(WDM)504、505、アイソレータ506、信号光コリメータ510e、520、および筐体501を備えて構成されている。第1偏光合成部51は、偏光合成コリメータ510a、510b、全反射光学膜(HR:High Reflection Mirror)502、偏光分離器(PBS:Polarization Beam Splitter)503を備えて構成されている。

【0008】ここで、偏光合成コリメータ510aは、偏光面保存光ファイバ511aとコリメートレンズ512aとが固定されてなるもので、同様に、偏光合成コリ

せるようになっている。

【0018】信号光コリメータ520も、偏光コリメータ510a～510dと同様に、光ファイバ521およびコリメートレンズ522をそなえて構成されており、この信号光コリメータ520も、筐体510の外周部に配設される一方、コリメートレンズ522が筐体501の内側に位置するように配設され、コリメートレンズ522を通過した信号光が光ファイバ521に出射されるようになっている。

【0019】信号光コリメータ510eも偏光コリメータ510a～510dおよび信号光コリメータ520と同様に、光ファイバ511eとコリメートレンズ512eとをそなえて構成されており、筐体510の外周部に配設される一方、コリメートレンズ512eが筐体501の内側に位置するように配設され、光ファイバ511eから入射された信号光をコリメートレンズ512eを通過させることによりコリメートビームに変換してWDM505に向けて出射するようになっている。

【0020】アイソレータ506は、信号光コリメータ510eからWDM505へ向けて入射される信号光の光軸上に配設されており、信号光の反射による装置の共振を防止するためのものである。このような構成により、信号光コリメータ510eの光ファイバ511eに信号光を入力すると同時に、偏光コリメータ510a～510dに配設されている各励起レーザから、各偏光面保存光ファイバ511a～511dに励起光を入射することにより、第1偏光合成部51において波長1.46 μ mのP波およびS波の励起光が偏光合成されるとともに、第2偏光合成部52において波長1.48 μ mのP波およびS波の励起光が偏光合成され、更に、WDM504によりこれらの励起光が波長多重合成される。又、このようにして波長多重された励起光に信号光コリメータ510eから入射された信号光が波長多重合成され、信号光コリメータ520から図示しないEDFに出力される。

【0021】また、励起光の偏光合成を行なう偏光合成部として、特開平6-148570号公報に開示された偏光合成器が知られている。この特開平6-148570号公報に開示された従来の偏光合成器について図12を用いて説明すると、図12はその構成を模式的に示す図である。従来の偏光合成器は、図12に示すように、複屈折結晶3、6、集束性ロッドレンズ41、全反射ミラー5、入力光ファイバ1、2および伝送ファイバ7をそなえて構成されており、入力光ファイバ1、2を通過してそれぞれ入力された各直線偏光を合成して伝送ファイバ7から出力するものである。

【0022】複屈折結晶3、6はともにルチル(TiO₂)、水晶等の1軸性複屈折結晶で、この複屈折結晶3、6において、光軸方向に偏光した光は常光としてそのまま進む一方、光軸方向に直角な偏光の光は異常光と

して角度を変えて進むようになっている。複屈折結晶3の一端面には、入力光ファイバ1、2がそれぞれ接続されている。これらの入力光ファイバ1、2は、半導体レーザ(図示せず)からの直線偏光を保持した状態で伝播してくる偏波面保存ファイバである。又、複屈折結晶3の他端面には集束性ロッドレンズ41の一端面が接続されており、更に、集束性ロッドレンズ41の他端面には、全反射ミラー5が貼着されている。又、集束性ロッドレンズ41の上記一端面には、複屈折結晶3と並んで複屈折結晶6も接続されており、この複屈折結晶6の他端面には伝送ファイバ7が接続されている。

【0023】このような構成により、図示しない半導体レーザからの直線偏光がそれぞれ入力光ファイバ1、2を通過して複屈折結晶3に入力すると、入力光ファイバ1、2からの入射光は常光および異常光に分かれて集束性ロッドレンズ41の一端面に入射する。これらの各入射光は、集束性ロッドレンズ41により平行光に変換された後、全反射ミラー5におけるレンズ光軸8上で反射し、再度、集束性ロッドレンズ41を通過した後、複屈折結晶6に入力される。

【0024】複屈折結晶6において、各入射光は、再度、常光、異常光に分かれて結晶内を進むのであるが、この際、複屈折結晶3において常光、異常光に分かれた各光は、複屈折結晶6において、今度は、常光は異常光として結晶内を進み、異常光は常光として結晶内を進み、複屈折結晶6の他端面(伝送ファイバ7との接続面)においてそれぞれの光が一致して出力され、伝送ファイバ7に合成されて結合する。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図11に示す従来の励起光出力装置では、1つの波長におけるP波、S波の偏光合成のために、P波、S波のそれぞれに個々の偏光ポートが必要であり、偏光合成と波長合成を一体化したデバイスにおいては、短波長側のP偏光ポート、短波長側のS偏光ポート、長波長側のP偏光ポート、長波長側のS偏光ポートおよび合成した励起光の出力光用の出力ポートの合計5ポートが必要となり、例えば、実装寸法で、L=90mm程度、W=60mm程度といった大きさとなり、単に、機能を一体化しただけでは実装寸法の大幅な縮小は実現できないという課題がある。

【0026】また、図12に示す従来の偏光合成器では、複屈折結晶3、6を、入力光ファイバ1、2および伝送ファイバ7と集束性ロッドレンズ41との間の微小な空間に配設する必要があるため、複屈折結晶3、6の寸法が小さくなり、その加工や組立に高度の寸法精度が要求されることから、生産性が低くなり製造コストが高いという課題がある。

【0027】さらに、図12に示す従来の偏光合成器の組立・製造においては、複屈折結晶3、6と伝送ファイ

長帯と異なる第2の波長帯を有しながら互いに異なる偏光成分を有する第2励起光について合成しうる第2偏光合成部と、第1偏光合成部および第2偏光合成部にて出射されたそれぞれの励起光を合波する合波部とをそなえ、その合波部にて合波された光を出力光ファイバを介して光増幅用の励起光として出力しうる励起光出力装置であって、第1偏光合成部が、第1の波長帯を有するとともに互いに異なる偏光成分光を伝播しうる複数本の第1励起光用光ファイバの端部を固着配置する第1固着部材と、各第1励起光用光ファイバから出射された複数種類の偏光成分光についてコリメートビームに変換する第1レンズとをそなえてなる第1レンズアセンブリと、その第1レンズから出射された複数種類の偏光成分光間の屈折率特性の差異を用いることにより、複数種類の偏光成分光を同一光軸として偏光合成して出射しうる第1複屈折部材とをそなえて構成される一方、第2偏光合成部が、第2の波長帯を有するとともに互いに異なる偏光成分光を伝播しうる複数本の第2励起光用光ファイバの端部を固着配置する第2固着部材と、各第2励起光用光ファイバから出射された複数種類の偏光成分光についてコリメートビームに変換する第2レンズとをそなえてなる第2レンズアセンブリと、その第2レンズから出射された複数種類の偏光成分光間の屈折率特性の差異を用いることにより、複数種類の偏光成分光を同一光軸として偏光合成して出射しうる第2複屈折部材とをそなえて構成されたことを特徴としている（請求項13）。

【0037】なお、請求項13記載の励起光出力装置において、合波部にて合波された光は、出力光ファイバを介して接続された遠隔光増幅器に対する前方励起用の励起光として用いるように構成してもよい（請求項14）。また、請求項13記載の励起光出力装置において、合波部にて合波された光と、その合波部にて合波された光の波長成分と異なる波長を有しながらデータ情報を含んだ信号光との間で、波長多重または波長分離処理を施す波長多重分離部をそなえて構成することもできる（請求項15）。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

（A）第1実施形態の説明

（a）光伝送装置の説明

図2は本発明の第1実施形態としての励起光出力装置を適用した光通信システムの構成を模式的に示す図であるが、本発明の第1実施形態としての励起光出力装置は、例えば、この図2に示すように、海を挟んだ陸上間で光通信を行なう光通信システムにおける光伝送装置に適用されるものであり、この図2に示す光通信システムは、光伝送装置1001（送信側端局）、光伝送装置1002（受信側端局）およびリモートアンプ740、750を備えて構成されている。

【0039】光伝送装置1001は、信号LD（Laser Diode:レーザダイオード）810、ポストアンプ820、励起光出力装置2000、励起用LD200をそなえて構成されており、信号LD810にて発生されたデータ情報を含む信号光と、励起用LD200から出力される波長1.48 μ m程度の励起光および波長1.46 μ m程度の励起光との波長多重処理を行ない、リモートアンプ740（遠隔光増幅器）に対して後方励起を行なうようになっている。

【0040】また、光伝送装置1002は受光PD（Photo Diode:フォトダイオード）370、プリアンプ380、励起光分離装置3000および励起用LD780をそなえて構成されており、励起用LD200から出力される波長1.48 μ m程度の励起光および波長1.46 μ m程度の励起光によりリモートアンプ750（遠隔光増幅器）に対して前方励起を行なうとともに、受信した光に対して波長分離処理を施し、データ情報を含んだ信号光を分離させるようになっている。

【0041】リモートアンプ740、750は、ともに海底ケーブル等の超長距離伝送系の途中位置に配設されるもので、EDF（Erbium-Doped Optical Fiber:エルビウムドープ光ファイバ）のみから構成される簡易な構成の光増幅器であり、電気回路をそなえることなく構成されており給電不要である。このような構成により、光伝送装置1001において、送信される信号光が信号LD810からポストアンプ820に入力され、このポストアンプ820によって増幅された後、励起光出力装置2000に入力される。又、同時に、励起用LD200から励起光が励起光出力装置2000に入力され、この励起光出力装置2000において信号光と励起光とが合波された後、リモートアンプ740に送信することにより後方励起を行なう。信号光はこのリモートアンプ740によって増幅された後、リモートアンプ750に送信される。

【0042】一方、光伝送装置1002において、励起用LD200から励起光分離装置3000に励起光が入力され、この励起光分離装置3000からリモートアンプ750に励起光を送信することにより前方励起を行なう。信号光はリモートアンプ750によって増幅された後、励起光分離装置3000に送信される。励起光分離装置3000において、信号光は励起光と分離され、プリアンプ380により増幅された後、受光PD370において電気信号に変換される。

【0043】上述のような光伝送装置において、例えば、伝送損失が0.2dB/kmの光ファイバを用いて50kmの距離を伝送する際には、通常、10dBの減衰が生ずるのであるが、伝送すべき信号光について、後述する励起光出力装置2000、励起光分離装置3000からの、偏光合成および波長合成（波長多重）がなされた低損失の励起光を用いて、遠隔地に設けられたリモートア

11, 221の端部を固着配設する第1固着部材であり、図1に示すように、互いに直交した偏光面を持つ異なる光を射出するように、PMF211, 221を、その端部が互いに近接または接するように傾斜(角度 θ)させて固着配置し(例えば、第1実施形態では $\theta=6^\circ$)、この際、PMF211, 221はコリメートレンズ112-1の中心軸に対して線対称となるようになっている。

【0054】このフェルール111a-1は、図6(a)~(c)に示すように、2つのフェルール部材である半割フェルール111a-11, 111a-12を接合することにより構成されており、これらのフェルール111a-11, 111a-12は、セラミック等で形成されている。また、半割フェルール111a-11には、PMF211を固着する穴部111a-15が形成されており、同様に、半割フェルール111a-12にも、PMF221を固着する穴部111a-15が形成されている。

【0055】これらの穴部111a-15を半割フェルール111a-11, 111a-12に形成する手法としては、半割フェルール111a-11, 111a-12の成形時に、PMF211, 221とほぼ同径のワイヤを入れたままセラミックを焼結させ、その後、ワイヤを引き抜くことにより形成する手法が考えられる。コリメートレンズ112a-1は、PMF140, 141からそれぞれ出射された2種類の偏光成分光についてコリメートビームに変換する第1レンズであり(例えば、第1実施形態では直径2.5mmの球レンズ)、このコリメートレンズ112a-1は、PMF211, 221からそれぞれ入射された2つの励起光が、コリメートレンズ112a-1を通過後に互いに平行光となるように、フェルール111a-1の下流側(図1中右側)位置に配設されている。

【0056】複屈折結晶120a-1はルチル(TiO_2)や方解石等の1軸性複屈折結晶であり、その結晶軸に対する光の振動方向(偏光面)によりその屈折率が異なるという特質を有しており、コリメートレンズ112-1から射出される複数種類の偏光成分光間の屈折率特性の差異を用いることにより、これら複数種類の偏光成分光を同一光軸として偏光合成する第1複屈折部材として機能する。

【0057】すなわち、PMF211, 221からそれぞれ出射される2種類の偏光成分を有する光(励起光)がこの複屈折結晶120a-1を通過する際、複屈折結晶120a-1の結晶軸 v に直交する偏光面を有する光(常光)は屈折率が小さいためその直進性が高く、又、複屈折結晶120a-1の結晶軸 v に平行な偏光面を有する光(異常光)は屈折率が高く、大きく角度を変えて通過するようになっている。

【0058】また、複屈折結晶120a-1は、その結

晶軸 v が、入射される光の進行方向に対し鋭角に傾斜した平板複屈折結晶であり、コリメートレンズ112-1の下流側(図1中右側)位置に配設されるようになっている。この複屈折結晶120a-1のコリメートレンズ112の軸方向長さ L は、PMF211, 221のコリメートレンズ112-1の軸に対する角度 θ (第1実施形態では 6°)と、各光が複屈折結晶120a-1に入射する際の間隔 D (例えば第1実施形態では0.4mm)とによって定められるもので、複屈折結晶120a-1に入射された各光が、複屈折結晶120a-1の反対側面から出射する際には、同一光軸に合波されるような長さ(例えば、第1実施形態では4mm)となっている。

【0059】なお、図1に示す実施形態においては、複屈折結晶120a-1の結晶軸 v は入射する光の進行方向に対して鋭角(例えば、第1実施形態では 45°)に傾斜するようになっており、この結晶軸 v は、PMF221の偏光面と直交するとともに、PMF211の偏光面と平行になっており、PMF211から入射される光は複屈折結晶120a-1内を異常光(図1中記号e参照)として通過するようになっており、一方、PMF221から入射される光は複屈折結晶120a-1内を常光(図1中記号o参照)として通過するようになっている。

【0060】レンズホルダ130は、ステンレスパイプ等からなり、フェルール111a-1, コリメートレンズ112-1および複屈折結晶120a-1を固定するものである。このレンズホルダ130とコリメートレンズ112-1および複屈折結晶120a-1とは低融点ガラスや接着剤等により固着されており、又、このレンズホルダ130とフェルール111a-1とは、コリメートレンズ112-1との焦点調整をした後、溶接等の手段により固着される。

【0061】これにより、励起用LD210, 220からPMF211, 221に射出された光(励起光)は、互いに直交する偏光面を有した状態で、それぞれコリメートレンズ112-1の中心軸から等距離の位置に入射されて、ともにコリメートレンズ112-1の光軸と平行なコリメートビーム光となって、複屈折結晶120a-1の一端面に射出される。

【0062】複屈折結晶120a-1においては、PMF221から射出された光は常光として高い直線性で複屈折結晶120a-1内を通過する一方、PMF211から射出された光は複屈折結晶120a-1内において異常光として大きく屈折しながら通過し、これらの光は複屈折結晶120a-1の他端面において偏光合成され、同一光軸の光として出射されるのである。

【0063】また、偏光合成コリメータ100a-1は、スペーサ105を介して筐体4に溶接等の手段により固着配設されており、偏光合成された励起光を筐体4

【0073】また、フェルール901の上流側（筐体4側）位置には、信号光をコリメートビームに変換するコリメートレンズ902が配設されている。レンズホルダ904は、ステンレスパイプ等からなり、フェルール901およびコリメートレンズ902を固定している。上述の構成による、本発明の第1実施形態の動作について、以下に説明する。先ず、光伝送装置1001の信号光LD810では、データ情報を含んだ信号光を光増幅器820に出射し、光増幅器820においてこの信号光を増幅した後、光ファイバ821を通して信号コリメータ800に入射させる。

【0074】信号コリメータ800に入射された信号光は、先ず、コリメートレンズ802に入射され、コリメートビームに変換されて所定の入射角でカブラ膜803に入射する。ここで、カブラ膜803に入射された信号光の一部の成分は、表面で反射され、光ファイバ831を通過してフォトカブラ830に入射される。一方、残の成分については、カブラ膜803を通過し、アイソレータ890を通過した後、WDM膜46に入射される。

【0075】なお、フォトカブラ830において、この信号光の一部をモニタし、図示しない信号光制御装置により信号光LD810を制御することにより、信号光の光レベルを一定に維持することができ、信頼性の高い光伝送装置を構築することができる。また、信号光LD810により信号光を入射すると同時に、励起用LD210～240により、それぞれPMF211～241に励起光を出射する。

【0076】ここで、2つの励起用LD210、220は、ともに波長1.46 μm の励起光（第1励起光）をPMF211および221を介して励起光合成部100a-1に入射する。励起用LD210、220により出射された励起光は、PMF211、221を通過することにより、互いに直交する偏光成分光となって励起光合成部100a-1に入射する。

【0077】励起用LD210および220からそれぞれ出射された、互いに直交する偏光成分光である2つの波長1.46 μm の励起光は、励起光合成部100a-1において同一光軸として偏光合成された後、合成膜45に向けて出射される。一方、励起用LD230および240は、ともに波長1.48 μm の励起光（第2励起光）をPMF231および241を介して励起光合成部100a-2に入射し、この励起用LD230、240により出射された励起光は、PMF231、241を通過することにより、互いに直交する偏光成分光となって励起光合成部100a-2に入射する。

【0078】また、互いに直交する偏光成分光である2つの波長1.48 μm の励起光も、励起光合成部100a-2において同軸光軸として偏光合成された後、信号光射出部70に向けて射出される。励起光合成部100a-2から出射された波長1.48 μm の偏光合成され

た励起光は、合成膜45における一端面（図3中左側面）から入射し、この合成膜45を全透過する。

【0079】一方、励起光合成部100a-1から出射された波長1.46 μm の偏光合成された励起光は、合成膜45の他端面（図3中右側面）に入射し、この合成膜45の表面で全反射され、励起光合成部100a-2から出射された波長1.48 μm の偏光合成された励起光と同一光軸となるように合波され、信号光射出部70に向けて出射される。

【0080】このようにして合波された励起光は、合成膜45から信号光射出部70へ出射される途中で、WDM膜46を通過するが、このWDM膜46において、前述の信号コリメータ800から出射された信号光と波長多重合成される。すなわち、合波された励起光（波長1.46 μm の励起光および波長1.48 μm の励起光）は、WDM膜46の一端面（図3中左側面）から入射し、このWDM膜46を全透過する。

【0081】一方、信号コリメータ800から出射された信号光は、WDM膜46の他端面に入射し、このWDM膜46の表面で全反射され、WDM膜46を全透過する合波された励起光と同一光軸となるように波長多重合成され、信号光射出部70に入射されるのである。信号光射出部70に入射された、励起光および信号光の波長多重光は、コリメートレンズ73を通過することによりコリメートビームに変換された後、光伝送装置1001出力として伝送路ファイバ290に出射される。この波長多重光は伝送路ファイバ290を通過してリモートアンプ740に入力され、このリモートアンプ740においては、波長多重光を構成する信号光および励起光のうちの励起光が前方励起用の励起光として用いられ、信号光が増幅されるのである。

【0082】さらに、リモートアンプ740により増幅された信号光は、伝送路ファイバ290を介してリモートアンプ750に送られ、更に、このリモートアンプ750においては、励起光分離装置3000からの後方励起用の励起光（偏光合成および波長多重されている）により増幅された後、光伝送装置1002に伝送される。

【0083】また、リモートアンプ750によって増幅された信号光は、伝送路ファイバ290を通過して光伝送装置1002における信号光射出部70のコリメートレンズ73に入射され、このコリメートレンズ73を通過することによりコリメートビームとしてWDM膜46に入射される。このWDM膜46に入射された光の内、波長1.55 μm の信号光は、WDM膜46の表面で全反射され、信号コリメータ900に向けて出射される。この全反射された波長1.55 μm の信号光は、アイソレータ990を通過した後、コリメートレンズ902に入射され、このコリメートレンズ902を通過することによりコリメートビームに変換された後、光ファイバ371に入射される。

が、複屈折結晶120bの出射面から出射する際には、同一光軸に合波されるようになっている。なお、以下、この複屈折結晶120bの傾斜面をテーバ面と称す。

【0095】なお、図1に示す実施形態においては、複屈折結晶120bの結晶軸 ν はPMF211の偏光面に平行となるようになっている。PMF211から入射される光は異常光として、又、PMF221から入射される光は常光としてそれぞれ複屈折結晶120b内を通過するようになっている。上述の構成により、励起用LD210~240(図3参照)によりPMF211、221に射出された光は、互いに直交する偏光面を有した状態で、それぞれコリメートレンズ112の中心軸から等距離隔てた位置に入射されて、コリメートビーム光となって、所定の出射角を有して複屈折結晶120bの鉛直面に射出される。

【0096】複屈折結晶120bにおいては、PMF221から射出された光は常光として高い直線性で複屈折結晶120b内を通過する一方、PMF211から射出された光は異常光として大きく屈折しながら通過し、双方の光は複屈折結晶120bのテーバ面から同一光軸の光として偏光合成されて出射されるのである。このように、本発明の第1実施形態としての偏光合成装置の第1変形例によれば、上述した図1に示す偏光合成装置と同様の作用効果を得ることができる他、フェルール111bの構成が簡素であり、その製造が容易であることから製造コストの低減を図ることができる。

【0097】(C)第1実施形態の第2変形例の説明
上述の第1実施形態にかかる光伝送装置1001、1002、励起光出力装置2000および励起光分離装置3000の偏光合成装置としての励起光合成部100a-1、100a-2(図3参照)については、例えば、図8に示すような励起光合成部100cに代えて使用することもできる。

【0098】すなわち、図8は本発明の第1実施形態としての偏光合成装置の第2変形例の構成を模式的に示す断面図であり、励起光合成部100cは、この図8に示すように、図7に示す偏光合成装置100bのレンズホルダ130に代えてレンズホルダ130cをそなえたとともに、受光PD150をそなえており、更に、複屈折結晶120bに代えて複屈折結晶120cをそなえるものであり、その他の部分は、図7に示す偏光合成装置100bと同様に構成されている。

【0099】なお、図中、既述の符号と同一の符号は同一もしくはほぼ同一の部分を示しているため、その説明は省略する。複屈折結晶120cは、図7に示す偏光合成装置100bの複屈折結晶120bと同様の構成を有している他、その入射角が大きい入射面にはカブラ膜121が蒸着されており、この入射面に入射した光(すなわち、PMF211、221からそれぞれ入射した互いに偏光成分の異なる励起光の和成分)の一部は、カブラ

膜121に反射して、受光PD150に入射するようになっている。

【0100】レンズホルダ130cは、図1に示す偏光合成装置100aや、図7に示す偏光合成装置100bのレンズホルダ130と同様に、ステンレスパイプ等により構成され、フェルール111b、コリメートレンズ112および複屈折結晶120cを固定するものであるが、このレンズホルダ130cにおける、複屈折結晶120cのカブラ膜121によって反射された励起光の反射行路上の周辺部には切欠部131cが形成され、更に、この切欠部131cには受光PD150が配設されている。

【0101】受光PD150は、受光した光を電気信号に復調する受光素子であり、カブラ膜121によって反射された偏光成分光についてモニタするモニタ部として機能するもので、カブラ膜121によって反射された励起光を受光し、電気信号に復調した後、その電気信号を図示しない励起光制御装置に送るようになっており、各偏光成分光の和成分についてモニタするようになっている。

【0102】また、本装置は図示しない励起光制御装置をそなえており、所定の光量の励起光を出力するために励起用LD210~240(図3参照)を制御し、受光PD150から送られる励起光の強度に応じた電気信号を受けて、この電気信号と予め励起光制御装置に設定された基準値とを比較し、この電気信号が基準値に一致するように励起用LD210~240を制御するようになっている。

【0103】上述の構成により、励起用LD210~240(図3参照)によりPMF211、221に射出された励起光は、互いに直交する偏光面を有した状態で、それぞれコリメートレンズ112の中心軸から等距離隔てた位置に、コリメートレンズ112の中心軸と平行に入射されて、コリメートビーム光となって、所定の出射角を有して複屈折結晶120cの鉛直面に射出される。

【0104】複屈折結晶120cにおいては、PMF221から射出された光は常光として高い直線性で複屈折結晶120c内を通過する一方、PMF211から射出された光は異常光として大きく屈折しながら通過し、双方の励起光は複屈折結晶120cのテーバ面から同一光軸の光として偏光合成されて出射されるのである。また、複屈折結晶120cのテーバ面で同一光軸の光として偏光合成された励起光は、そのテーバ面に蒸着されたカブラ膜によってその一部が受光PD150に向けて反射される。この反射された一部の励起光は受光PD150において電気信号に変換され、この電気信号の値にもとづいて励起光制御装置が励起用LD210~240をそれぞれ制御し、本装置に常に安定した励起光を供給する。

【0105】このように、本発明の第1実施形態として

れた各励起光の一部は電気信号に変換された後、図示しない励起光制御装置に送られ、励起光制御装置はこれらの電気信号の値にもとづいて励起用LD 210~240をそれぞれ制御し、常に安定した励起光を供給する。このように、本発明の第1実施形態としての偏光合成装置の第3変形例によれば、上述した図8に示す偏光合成装置と同様の作用効果を得ることができる他、カプラ膜121により反射された2つの励起光をそれぞれ受光PD 150, 160によってモニタし、励起光レーザ210~240をそれぞれ制御することができるので、各励起光の偏光成分毎に各光源を個々に制御することができ、より高レベルの励起光制御を行なうことができることから、高品質で信頼性の高い偏光合成装置を得ることができる。

【0117】(E) 第2実施形態の説明

図10は、本発明の第2実施形態としての偏光分離装置の構成を模式的に示す断面図であるが、この偏光分離装置は、例えば、偏波ダイバーシチ受信器に用いることができる。偏光分離装置100a-1'は、図10に示すように、図1に示す励起光合成部100a-1と同様に、レンズアセンブリ110a-1'、複屈折結晶120a-1'およびレンズホルダ130'をそなえて構成されており、又、レンズアセンブリ110a-1'はフェルール111a-1'とコリメートレンズ112-1'とをそなえて構成されており、図1に示す励起光合成部100a-1とは逆に、複屈折結晶120a-1'から入力された光を偏光成分毎に偏光分離してPMF 211' 221'から出射するものである。

【0118】また、図10においては、偏光分離装置100a-1'を説明するため、便宜的に、光出射装置104から偏光分離装置100a-1'に光を出射している状態を示している。この光出射装置104はコリメートレンズ412、フェルール411およびレンズホルダ430をそなえて構成されており、フェルール411は光ファイバ440をコリメートレンズ412の中心軸上に固着配置しており、又、レンズホルダ430はコリメートレンズ412とフェルール411とを固定しており、光ファイバ440から入射された光は、コリメートレンズ412を通過することによりコリメートビームとなって偏光分離装置100a-1'に向かって射出されるようになっている。

【0119】偏光分離装置100a-1'には、互いに直交する偏光成分光を伝播しうる2本の光ファイバである偏光面保存ファイバ(PMF) 211' および221'が接続されており、これらのPMF 211' およびPMF 221'の他端部には、受光PD 310, 320(図4参照)が配設されている。フェルール111a-1', コリメートレンズ112-1', 複屈折結晶120a-1' およびレンズホルダ130'は、それぞれ図1に示す励起光合成部100a-1のフェルール111

a-1, コリメートレンズ112-1, 複屈折結晶120a-1およびレンズホルダ130と同様の構成をそなえており、その説明は省略する。

【0120】上述の構成により、光出射装置104から出射された光は、複屈折結晶120a-1'の一端面(図10中左側面)に入射され、この複屈折結晶120a-1'内において、複屈折結晶120a-1'の結晶軸vと直交する偏光面を有する光は常光として高い直線性で複屈折結晶120a-1'内を通過する一方、複屈折結晶120a-1'の結晶軸vと平行な偏光面を有する光は異常光として大きく屈折しながら通過し、これらの光は複屈折結晶120a-1'の他端面における別々の位置から出射される。

【0121】複屈折結晶120a-1'から出射した各光は、それぞれコリメートレンズ112-1'の中心軸から等距離の位置に進出し、コリメートレンズ112-1'を通過する。各光はこのコリメートレンズ112-1'内を通過することによりコリメートビームに変換されるとともに、コリメートレンズ112-1'の他端面から所定の出射角を有して出射され、PMF 211', 221'にそれぞれ入射される。

【0122】なお図10に示す実施形態においては、複屈折結晶120a-1'の結晶軸vは入射する光の進行方向に対して鋭角(例えば、本実施形態では45°)に傾斜するようになっているが、この結晶軸vに直交する偏光面を有している光はPMF 221'に入射され、一方、結晶軸vに平行な偏光面を有している光はPMF 211'に入射されるようになっている。

【0123】このように、本発明の第2実施形態としての偏光分離装置によれば、レンズアセンブリ110a-1'と複屈折結晶120a-1'とにより、入射された光の偏光成分毎に容易に分離させることができ、又、1つのポートで偏光分離を実現することができることから、装置の実装寸法の小型化を図ることができる他、使用部材の削減による低コスト化を図ることができ、例えば、偏波ダイバーシチの受信部等に用いることにより、小型且つ低コストの偏波ダイバーシチ受信器を製造することができる。

【0124】また、本発明の第2実施形態としての偏光分離装置は、偏波ダイバーシチの受信部のみならず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

(F) その他

上記実施形態では、図3に示す励起光出力装置は、図1に示す励起光合成部100a-1, 100a-2をそなえて構成されているが、本発明はこれに限定されるものではなく、図7~図9に示すいずれの励起光合成部をそなえて構成してもよく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0125】また、上記実施形態では、図4に示す励起

構成を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の第1実施形態としての励起光出力装置を適用した光通信システムの構成を模式的に示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態としての励起光出力装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図4】本発明の第1実施形態としての偏光分離装置を用いた励起光分離装置（光伝送装置）の構成を模式的に示す断面図である。

【図5】(a), (b)はそれぞれ合成膜およびWDM膜の透過特性を説明するための図である。

【図6】(a)～(c)はそれぞれ固着部材の構成を説明するための図である。

【図7】本発明の第1実施形態としての偏光合成装置の第1変形例の構成を模式的に示す断面図である。

【図8】本発明の第1実施形態としての偏光合成装置の第2変形例の構成を模式的に示す断面図である。

【図9】本発明の第1実施形態としての偏光合成装置の第3変形例の構成を模式的に示す断面図である。

【図10】本発明の第2実施形態としての偏光分離装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図11】従来の励起光出力装置の構成を模式的に示す平面図である。

【図12】従来の偏光合成装置の構成を模式的に示す図である。

【符号の説明】

100a-1, 100a-2, 100b～100d 励起光合成部（偏光合成部）

100a-1' 偏光分離装置

110a-1, 110a-1', 110a-2, 110b レンズアセンブリ

111a-1, 111a-1', 111a-2, フェルール（固着部材）

111a-11, 111a-12 半割フェルール（フェルール部材）

112, 112-1, 112-1', 112-2 コリメートレンズ（レンズ）

120a-1, 120a-1', 120a-2, 120b～120d 複屈折結晶

121 カプラ膜

150, 160 受光PD（モニタ部）

200, 210～240 励起用LD

211, 221, 211', 221', 231, 241 PMF（光ファイバ、偏光面保持光ファイバ）

1001, 1002 光伝送装置

2000 励起光出力装置

3000 励起光分離装置

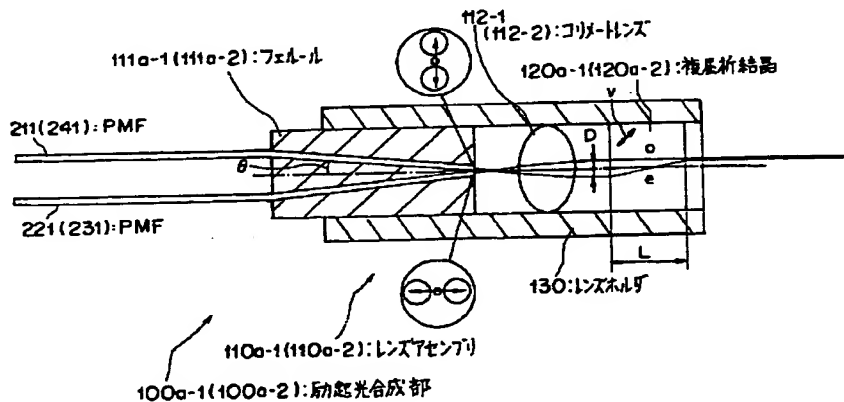
45 合成膜

46 WDM膜（波長多重分離部）

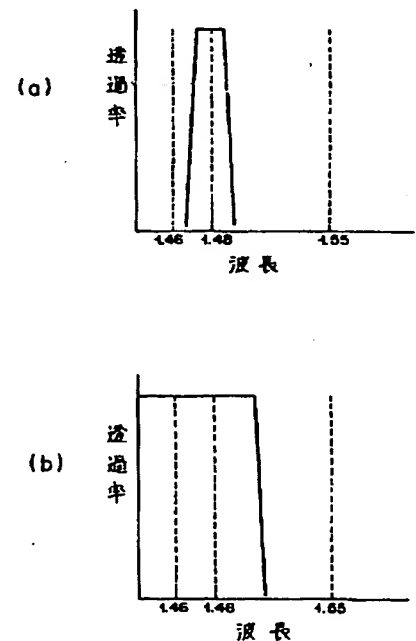
810 信号光LD

740, 750 リモートアンプ（遠隔光増幅器）

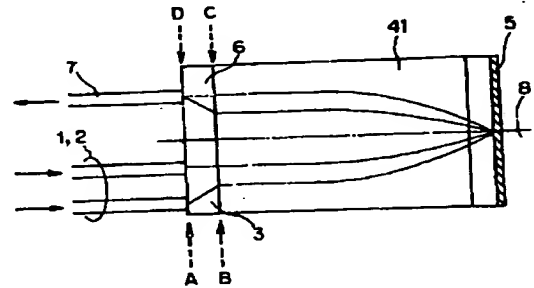
【図1】



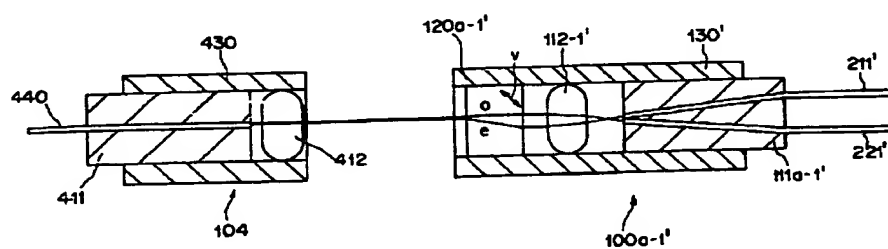
【図5】



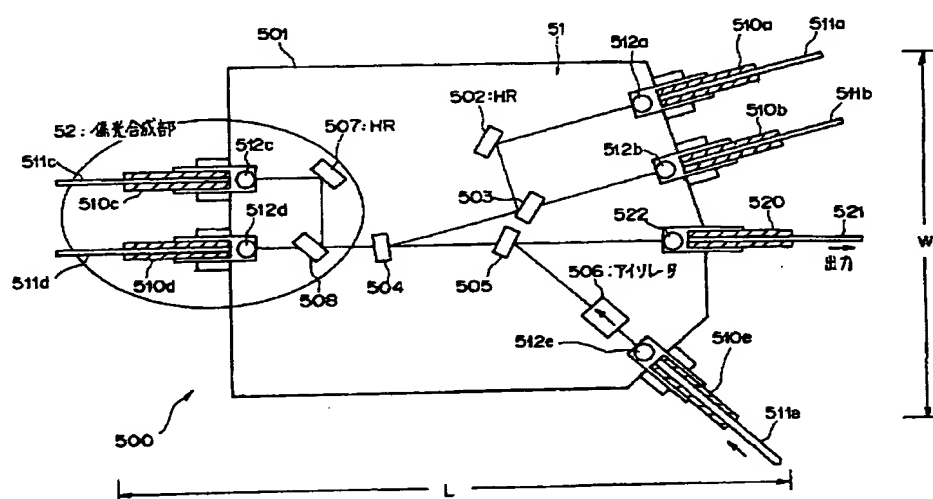
【図12】



【図10】



【図11】



5

SPECIFICATION

FIBER OPTICAL PIGTAIL GEOMETRY FOR IMPROVED EXTINCTION RATIO OF POLARIZATION MAINTAINING FIBERS

Field of the Invention

- 10 The present invention relates generally to fiber optics. In particular, the present invention relates to the grouping of polarization maintaining fibers.

The Prior Art

Background

- 15 In the field of fiber optics, one of the most valuable properties of light is the phenomenon of polarization. Light is described as a transverse wave when travelling through a medium such as glass, air or vacuum, whereby by the electric and magnetic fields which comprise the light oscillate in a plane perpendicular to the direction in which the light is travelling. Many factors may influence the polarization of light, including reflections from surfaces, external magnetic fields, and in particular, stresses in the transmitting media.

- 20 Figure 1 shows a cut-away view of a prior art optical fiber 100. Optical fiber 100 includes a core 102 within cladding 104. The indexes of refraction of the core 102 and the cladding 104 are configured using methods standard in the art to allow light launched in to the fiber to be transported through the optical fiber 100. The core 102 and the cladding 104 is typically encapsulated in a jacket 106, which may be fabricated from material standard in the art such as a polymer. As is known by those of ordinary skill in the art, the index of refraction
25 of a typical optical fiber is isotropic, and thus when light is launched in to a fiber the light will tend to travel with an arbitrary polarization direction.

- However, in some applications, it is desirable to have the light propagate through the fiber with a predetermined polarization. Therefore, the isotropic indexes of refraction of
30 fibers, coupled with the fact that internal stresses in the optical fiber can influence the polarization, causes problems with fibers when used in the field. For example, during installation and use, the optical fiber may be bent and twisted, or exposed to temperature-induced stresses. Any bending of the optical fiber may change the polarization of the light travelling therein, thus influencing the final output. Furthermore, temperature-induced changes

35

AMENDED SHEET

- 5 414 at an arbitrary angle. The inventors have determined that having axes intersect at arbitrary angles lowers the ER of the pigtail pair.

Figure 5 is a cross-sectional diagram of a pigtail pair 500 configured according to the present invention. The pigtail pair 500 includes similar elements as shown and described in FIG. 4 and similar matter is designated with similar designations in FIG. 5.

- 10 To maintain the ER of each fiber between a pigtail pair, or a group of PM fibers arranged as an apparatus, the inventors have proposed the following solution.

- Unlike the pigtail pair of FIG. 4, first and second PM fibers 402 and 414 in pigtail pair
15 400 are disposed within ferrule 428 in a predetermined manner. In the presently preferred embodiment shown in FIG. 5, second PM fiber 414 is aligned such that its corresponding stress applying parts form an axis which is parallel with secondary slow axis 426. In a preferred embodiment, the stress applying parts of second PM fiber 414 each fall on the secondary slow axis of pigtail pair 500. Also, second PM fiber 414 is aligned such that its
20 stress applying parts fall on an axis having an angle of approximately a 90° angle with respect to the secondary slow axis 426, as indicated by α .

- Furthermore, the first and second PM fibers 402 and 414 are disposed such that their corresponding stress applying parts form axes approximately right angles (90°) with respect to each other. Thus, a method is disclosed herein whereby a plurality of PM fibers may be
25 disposed such that the PM fiber's corresponding principal axes intersect at approximately right angles (90°). Additionally, a method has been disclosed herein whereby a plurality of PM fibers may be disposed such that the corresponding principal and secondary axes intersect at approximately right angles.

- Since the principal axes of the pigtail pair is overlapping on top of that of each PM
30 fiber, the inventors have found that by disposing PM fibers according to the embodiment as disclosed in FIG. 5, the ER of the PM fiber in pigtail pair is maintained. Further, the polarization direction of light traveling through each PM fiber in the pigtail pair is usually not affected. In another words, it will be maintained along either the slow or the fast axes of the PM fiber.

35

5

What is claimed is:

1. (Amended) A method for improving the extinction ratio of a grouping of polarization maintaining (PM) fibers comprising:

providing a plurality of PM fibers, said PM fibers each having corresponding

10 principal axes;

disposing said plurality of PM fibers together as a grouping, said grouping having

corresponding secondary axes; and

aligning each said plurality of PM fibers such that said corresponding principal

axes of each said plurality of said PM fibers and said secondary axes of said

15 grouping intersect at a predetermined angle while maintaining distinct optical

transmission paths in each of said fibers in said grouping.

2. The method of claim 1, wherein at least one of said predetermined angles is approximately 0° .

3. The method of claim 1, wherein at least one of said predetermined angles is approximately 90° .

20

4. The method of claim 1, wherein said PM fiber comprises a PANDA fiber.

5. (Cancelled)

6. The method of claim 1, wherein said PM fiber comprises a BOWTIE fiber.

7. The method of claim 1, wherein said PM fiber comprises a PM fiber using SAP.

25

8. (Amended) A apparatus which improves the extinction ratio of a grouping of polarization maintaining (PM) fibers comprising:

a plurality of PM fibers, said PM fibers each having corresponding principal axes;

said plurality of PM fibers disposed together as a grouping,

said grouping having corresponding secondary axes; and

30

whereby each said plurality of PM fibers is aligned such that said corresponding

principal axes of each said plurality of said PM fibers and said secondary axes

of said grouping intersect at a predetermined angle while maintaining

distinct optical transmission paths in each of said fibers in said grouping.

35

5

9. (Amended) The apparatus of claim 8, wherein at least one of said predetermined angles is approximately 0° .

10. (Amended) The apparatus of claim 8, wherein at least one of said predetermined angles is approximately 90° .

10 11. (Amended) The apparatus of claim 8, wherein said PM fiber comprises a PANDA fiber.

12. (Cancelled)

13. (Amended) The apparatus of claim 8, wherein said PM fiber comprises a BOWTIE fiber.

15 14. (Amended) The apparatus of claim 8, wherein said PM fiber comprises a PM fiber using SAP.

15. (New) A apparatus which improves the extinction ratio of a grouping of polarization maintaining (PM) fibers comprising:

a plurality of polarization maintaining fiber means, said fiber means

20 each having corresponding principal axes;

said plurality of fiber means disposed together as a grouping, said

grouping having corresponding secondary axes; and

whereby each said plurality of fiber means is aligned such that said

corresponding principal axes of each said plurality of said fiber means

25 and said secondary axes of said grouping intersect at a predetermined

angle while maintaining distinct optical transmission paths in each of

said fibers means in said grouping.

16. (New) The apparatus of claim 15, wherein at least one of said predetermined angles is approximately 0° .

30 17. (New) The apparatus of claim 15, wherein at least one of said predetermined angles is approximately 90° .

18. (New) The apparatus of claim 15, wherein said fiber means comprises a PANDA fiber.

5

19. (New) The apparatus of claim 15, wherein said fiber means comprises a BOWTIE fiber.
20. (New) The apparatus of claim 15, wherein said fiber means comprises a PM fiber using SAP.
- 10 21. (New) A polarization beam splitter/combiner comprising:
a body having a single mode fiber and a pigtail pair each optically coupled to said body;
said pigtail pair comprising a plurality of polarization maintaining (PM) fibers, said PM fibers each having corresponding principal axes;
15 said plurality of PM fibers disposed together as a grouping, said grouping having corresponding secondary axes; and
whereby each said plurality of PM fibers is aligned such that said corresponding principal axes of each said plurality of said PM fibers and said secondary axes of said grouping intersect at a predetermined
20 angle while maintaining distinct optical transmission paths in each of said fibers in said grouping.
22. (New) The polarization beam splitter/combiner of claim 22, wherein said pigtail pair is disposed within a ferrule and said plurality of PM fibers are affixed with epoxy.
23. (New) The polarization beam splitter/combiner of claim 22, wherein said alignment of
25 said axes is maintained throughout the curing process of said epoxy.
24. (New) The polarization beam splitter/combiner of claim 23, wherein the polarization direction of light traveling through each of said PM fibers remains unaffected throughout said curing process.
25. (New) The apparatus of claim 24, wherein at least one of said predetermined angles
30 is approximately 0°.
26. (New) The apparatus of claim 24, wherein at least one of said predetermined angles is approximately 90°.
27. (New) the apparatus of claim 24, wherein said PM fiber comprises a PANDA fiber.

5

28. (New) The apparatus of claim 24, wherein said PM fiber comprises a BOWTIE fiber.
29. (New) The apparatus of claim 24, wherein said PM fiber comprises a PM fiber using stress applying parts (SAP).

10

30. (New) The apparatus of claim 8 or 15, wherein said grouping is disposed within a ferrule and said plurality of PM fibers are affixed with epoxy.

31. (New) The apparatus of claim 8 or 15, wherein said alignment of said axes is maintained throughout the curing process of said epoxy.

15

32. (New) The apparatus of claim 8 or 15, wherein the polarization direction of light traveling through each of said PM fibers remains unaffected throughout said curing process.

33. (New) The method of claim 1, further including the act of disposing said grouping within a ferrule and affixing said plurality of PM fibers together with epoxy.

34. (New) The method of claim 33, further including the act of maintaining said alignment of said axes throughout the curing process of said epoxy.

20

35. (New) The method of claim 34, further including the act of maintaining the polarization direction of light traveling through each of said PM fibers throughout said curing process.